

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-017768

(43)Date of publication of application : 17.01.2003

(51)Int.Cl.

H01L 41/083

F02M 51/06

H01L 41/09

(21)Application number : 2001-197116

(71)Applicant : KYOCERA CORP

(22)Date of filing : 28.06.2001

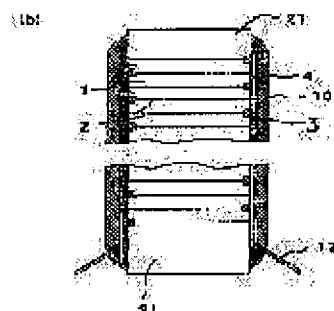
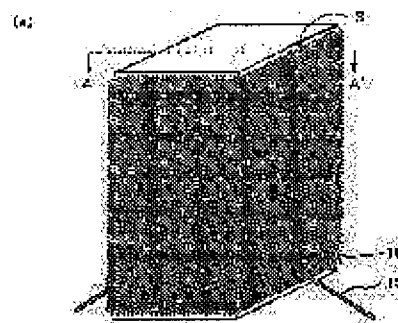
(72)Inventor : ONO SUSUMU

## (54) STACKED PIEZOELECTRIC ELEMENT AND JET DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a stacked piezoelectric element which can control breakdown due to short-circuiting of internal electrode material even when it is driven at high voltage and high frequency under a high temperature and high humidity environment and also provide jet device.

**SOLUTION:** A plurality of piezoelectric materials 1 and a plurality of internal electrodes 2 are alternately stacked. The external circumferential surface of the element 3 where the internal electrodes 2 are alternately connected is covered with reinforcing resin 10 including alkali metal and/or alkali earth metal of 800 ppm or less.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 11.06.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 12.09.2006

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]



[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]



(10) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-17768

(P2003-17768A)

(43) 公開日 平成15年1月17日 (2003.1.17)

(51) Int. CL <sup>7</sup>	識別記号	F I	サーチコード(参考)
H 0 1 L 41/083		F 0 2 M 51/06	N 3 G 0 6 6
F 0 2 M 51/06		H 0 1 L 41/08	S
H 0 1 L 41/09			U

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-197116(P2001-197116)

(22) 出願日 平成13年6月28日 (2001.6.28)

(71) 出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田島羽殿町6番地

(72) 発明者 小野 進

鹿児島県国分市山下町1番1号 京セラ株式会社鹿児島国分工場内

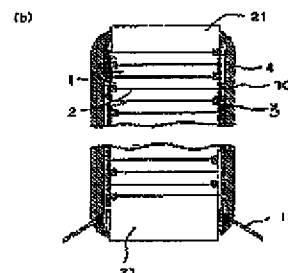
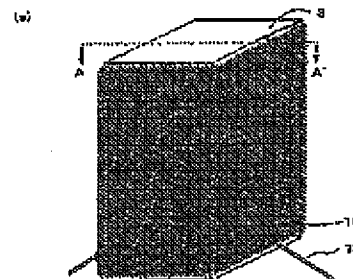
Fターム(参考) 3C066 A007 B431 B446 CC01 CC05U  
CC14 CD17 CD30 CE27

(54) 【発明の名称】 積層型圧電素子及び噴射装置

(57) 【要約】

【課題】 高温、高湿の環境下で、高電圧、高周波で駆動しても、内部電極材のショートによる破損を抑制することができる積層型圧電素子及び噴射装置を提供する。

【解決手段】 複数の圧電体1と複数の内部電極2とを交互に積層してなり、内部電極2が交互に接続された素子本体3の外周面を、アルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属の含有含量が800ppm以下の外装樹脂10で被覆してなるものである。





1

【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の圧電体と複数の内部電極とを交互に積層してなり、前記内部電極が交互に接続された素子本体の外周面を、アルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属の含有含量が800ppm以下の外装樹脂で被覆してなることを特徴とする積層型圧電素子。

【請求項2】圧電体側面の表面粗さRaが0.01～1μmであることを特徴とする請求項1記載の積層型圧電素子。

【請求項3】外装樹脂は無機イオン交換樹脂を含有することを特徴とする請求項1又は2記載の積層型圧電素子。

【請求項4】噴射孔を有する収納容器と、該収納容器内に収容された請求項1乃至3のうちのいずれかに記載の積層型圧電素子と、該積層型圧電素子の駆動により前記噴射孔から液体を噴出させるバルブとを具備してなることを特徴とする噴射装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、自動車用燃料噴射弁、光学装置等の精密位置決め装置や振動防止用の駆動素子等に用いられる積層型圧電素子及び噴射装置に関する。

【0002】

【従来技術】従来より、電歪効果を利用して大きな変位を得るために、圧電体と内部電極層を交互に積層した積層型圧電素子が提案されている。積層型圧電素子には、同時焼成タイプと圧電器と内部電極板を交互に積層したスタックタイプの2種類に分類されており、低電圧化、製造コスト低減の面から考慮すると、同時焼成タイプの積層型圧電素子が薄層化に対して有利であるために、その優位性を示しつつある。

【0003】同時焼成タイプの積層型圧電素子として、例えば、特開平4-237172号公報には、素子本体の側面に露出した内部電極の端部に一層おきにガラスからなる絶縁層を被覆し、外部電極には、絶縁層と同じピッチで、かつ絶縁層の断面よりやや大きい凹部を形成し、この凹部内に絶縁層を収容するようにして、かつ、凹部間の凸部に、絶縁層が形成されていない内部電極の端部を導電性接着剤で接着することにより、外部電極と一方の内部電極との電気的接続を確保し、他方の内部電極との絶縁性を確保した積層型圧電素子が開示されている。

【0004】一方、近年における積層型圧電素子では、大きな変位量を確保した状態で、積層型圧電素子の特徴である高応答性を利用するため、高電界を印加し高周波で駆動することが行なわれている。

【0005】このため、圧電体間に埋設された正極の内部電極と、負極の内部電極との間で積層型圧電素子の表面を介しての沿面放電を起したり、更に、湿度の高い

(2)

特開2003-17768

2

環境下で駆動させた場合、内部電極材のマイグレーションが発生し、ショートによる破損が発生し易いという問題があった。

【0006】これらの問題を解決する手段として、特開平5-160458号公報、及び特開平5-218516号公報に開示された積層型圧電素子では、シリコン樹脂を被覆し、内部電極材のマイグレーションを抑制している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のシリコン樹脂では、積層型圧電素子を高温、高湿の環境下で、高電圧、高周波で駆動させた場合、内部電極間のショートによる破損が発生し易いという問題があった。

【0008】本発明者は、内部電極間のショートによる破損について鋭意検討した結果、従来のシリコン樹脂では、不純物としてアルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属を多く含有しており、シリコン樹脂中のアルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属が高電界により遊離してアルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属イオンとなり、これらのイオンが負極側の内部電極端に集中し、該アルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属イオンにより絶縁表面における正極と負極の内部電極端の絶縁距離が短縮され、漏れ電流を生じさせショートに至ることを見出し、本発明に至った。

【0009】本発明は、高温、高湿の環境下で、高電圧、高周波で駆動しても、内部電極間のショートによる破損を抑制することができる積層型圧電素子及び噴射装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の積層型圧電素子は、複数の圧電体と複数の内部電極とを交互に積層してなり、前記内部電極が交互に接続された素子本体の外周面を、アルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属の含有含量が800ppm以下の外装樹脂で被覆してなるものである。

【0011】本発明の積層型圧電素子では、外装樹脂中のアルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属の含量が800ppm以下であるため、高温、高湿の環境下において、高電界、高周波数で駆動させた場合においても、アルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属がイオンとなる量を減少でき、正極と負極の内部電極端間の絶縁距離の短縮を抑制することができ、内部電極間のショートによる破損を抑制できる。

【0012】また、本発明では、圧電体側面の表面粗さRaが0.01～1μmであることが望ましい。即ち、圧電体側面の表面粗さRaが0.01～1μmであるため、正極と負極の内部電極端間の圧電体側面の電流経路が延長され、素子本体の側面における正極と負極の内部電極端部間の絶縁距離を確保することができるとも





(3)

特開2003-17768

3

に、圧電体強度を高く維持することができる。止できる及び／またはアルカリ土類金属イオンであることを特徴

【請求項5】図1(a)は本発明の積層型圧電アクチュエータからなる積層型圧電素子の一実施例を示す斜視図であり、(b)は(a)のA-A'に沿った縦断面図である。

【0013】本発明の積層型圧電アクチュエータは、図1に示すように複数の圧電体1と複数の内部電極2とを交互に積層して、四角柱状の素子本体3を形成し、この素子本体3の対向する2つの側面に、それぞれ外部電極4を設けて構成されている。外部電極4には、内部電極2の端部が交互に電気的に接続されている。

【0014】この素子本体3の外周面には外装樹脂10が被覆されている。即ち、素子本体3と外部電極4との間、および外部電極4が形成されていない素子本体3の側面に外装樹脂10が被覆されている。言い換えれば、正極及び負極の内部電極の端部が露出した、素子本体3の外部電極が形成されない側面、正極及び負極の内部電極の端部が交互に露出し、露出した内部電極の端部が外部電極に接続された素子本体3の側面、並びに、外部電極4の表面に外装樹脂10が形成されている。

【0015】外装樹脂10の厚みは、沿面放電の防止、水蒸気透過の防止、小型化という点から、0.01~2mm、特に0.1~1mmであることが望ましい。

【0016】また、本発明では、外装樹脂10のアルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属の含有量が800ppm以下とされている。外装樹脂10中に含有するアルカリ金属とアルカリ土類金属の量を800ppm以下としたのは、800ppmより多い場合には、高電界、高周波数にて遊離するアルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属イオンが多く、負極の内部電極端に集中し、負極と正極の内部電極端が近づき、絶縁距離が短縮され、ショートを起こしやすいからである。

【0017】外装樹脂10のアルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属は、不純物として含有するため、一般的に外装樹脂10中に必然的に含有されるが、アルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属の含有量を低減するには、無機イオン交換樹脂にて前処理する。

【0018】即ち、例えば、外装樹脂10中に無機イオン交換樹脂を添加し、攪拌してアルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属を沈殿させ、これらのアルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属の含有量が少ない上層部の樹脂を外装樹脂10として用いることが効果的である。特に、アルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属の中でも、イオン化傾向の高い金属の含有量を少なくすることが金属のイオン化を防ぐという点から望ましい。

【0019】外装樹脂10中のアルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属含有量は、特に200ppm以下が望ましい。外装樹脂10中のアルカリ金属及び／又はア

4

ルカリ土類金属の含有量は、イオンクロマト分析によって測定することができる。

【0020】外装樹脂10は、高耐熱性、低ヤング率、低水蒸気透過性の点から、フッ素樹脂、シリコン樹脂からなることが望ましく、特に、低水蒸気透過性という点からシリコン樹脂を用いることが望ましい。

【0021】さらに本発明では、外装樹脂10中に無機イオン交換樹脂を含有することが望ましい。この無機イオン交換樹脂を含有せしめることにより、遊離したアルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属イオンを効果的に捕捉し、負極の内部電極端への集中を抑制できる。無機イオン交換樹脂は、アルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属の含有量が800ppm以下の主成分100重量部に対して、無機イオン交換樹脂を1~30重量部添加含有することが望ましい。この場合における主成分とは、上記したフッ素樹脂、シリコン樹脂である。

【0022】無機イオン交換樹脂を、主成分100重量部に対して1~30重量部添加したのとは、無機イオン交換樹脂が1重量部より少ない場合には、遊離したアルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属イオンを捕捉する量が少ないからであり、30重量部より多い場合には、無機イオン交換樹脂の量が多いため、アルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属イオンを捕捉するには十分であるが、コストが高くなるからである。

【0023】無機イオン交換樹脂は、遊離したアルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属イオンを効果的に捕捉し、低コスト化を促進するためには、主成分100重量部に対して1~10重量部添加含有することが望ましい。

【0024】また、本発明では、圧電体1の側面の表面粗さRaが0.01~1μmであることが望ましい。圧電体1の側面の表面粗さRaは、素子本体3の側面の砥石による研磨時に、砥石の粒度を変化させることにより変更できる。

【0025】圧電体1の側面の表面粗さRaを0.01~1μmとしたのは、表面粗さRaが0.01μmより小さい場合には、側面が平滑化されるため、圧電体側面の電流伝達経路が短く、絶縁距離が短くなり、圧電体側面の絶縁距離を確保することが困難となるからであり、1μmより大きい場合には、圧電体1自体の遊離強度が低くなるため、素子駆動時に破壊の起点となる恐れがあるからである。圧電体側面の表面粗さRaは、絶縁距離の確保と、遊離強度の低下を防止するという点から、0.05~0.4μmとすることが望ましい。

【0026】圧電体1は、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛Pb(Zr,Ti)O<sub>3</sub>（以下PZTと略す）或いは、チタン酸バリウムBaTiO<sub>3</sub>を主成分とする圧電セラミック材料などが使用されるが、これらに限定されるものではなく、圧電性を有するセラミックスであれば何れでも良い。なお、この圧電体材料としては、圧電歪



(4)

特開2003-17768

5

み定数 $d_{11}$ が高いものが望ましい。また、圧電体1の厚み、つまり内部電極2間の距離は、小型化及び高い電界を印加するという点から、0.5~0.25mmであることが望ましい。

【0027】内部電極2は、素子本体の全ての側面に露出しているが、そのうち対向する2つの側面において、内部電極2端部を含む圧電体1の側面に溝が形成され、この溝内に絶縁体が充填されている。溝が形成されていない内部電極2の他方の端面は、予め塗布しておいた熱硬化性導電性接着剤に板状の導電性部材からなる外部電極を密着させた状態で、熱硬化性導電性接着剤を加熱硬化させることにより、外部電極4を内部電極2に交互に接続されている。尚、内部電極と外部電極は電気的に接続されるが、外部電極と素子本体3の間には空隙が形成されており、この空隙に溝が開口し、開口している溝内に絶縁体が充填されている。さらに、外部電極4端部にはリード線13が取り付けられている。

【0028】また、素子本体3の積層方向の両端面には、素子本体3を機械的に保持し、発生する力を外部へ伝達するための不活性体21が積層一体化されている。更に、素子本体3の外周面を本発明の外装樹脂10によって被覆すると同時に、素子本体3に設けられた溝内、及び、外部電極4と素子本体3の間の空隙中に外装樹脂材料が充填され、内部電極2の端部に1層おきに絶縁体が設けられ、これにより、内部電極間のショートを防ぎ、高信頼性の積層型圧電アクチュエータを提供できる。

【0029】以上のように構成された積層型圧電素子は、以下のプロセスにより製造される。まず、チタン酸ジルコン酸鉛 $Pb(Zr, Ti)O_3$ などの圧電セラミックスの微結粉末と、有機高分子からなるバインダーと、可塑剤とを混合したスラリーを作製し、スリップキャスト法により、厚み50~250 $\mu m$ のセラミックグリーンシートを作製する。

【0030】このグリーンシートの片面に内部電極2となる銀-パラジウムを主成分とする導電性ペーストをスクリーン印刷法により1~10 $\mu m$ の厚みに印刷する。この導電性ペーストを乾燥させた後、導電性ペーストが塗布された複数のグリーンシートを所定の枚数だけ積層し、この積層体の積層方向の両端部に、導電性ペーストが塗布されていないグリーンシートを積層する。

【0031】次に、この積層体を50~200℃で加熱を行いながら加圧を行い、積層体を一体化する。一体化された積層体は所定の大きさに切断された後、300~800℃で5~40時間、脱バインダーが行われ、900~1200℃で2~5時間で本焼成が行われ、素子本体となる積層焼結体を得る。この積層焼結体の側面には、全内部電極2の端部が露出している。

【0032】その後、該積層焼結体の対向する側面において、内部電極2端部を含む圧電体1の側面に該2側面において互い違いになるように、1層おきに深さ50~

6

500 $\mu m$ 、積層方向の幅50~300 $\mu m$ の溝を形成する。溝が形成されていない内部電極の他方の端面は、予め塗布しておいた熱硬化性導電性接着剤に板状の導電性部材からなる外部電極を密着させた状態で、熱硬化性導電性接着剤を加熱硬化させることにより、外部電極4を形成することができる。このようにして、内部電極2は交互に同一の外部電極4に接続される。

【0033】この後、正極用外部電極、負極用外部電極にリード線13を接続し、真空脱泡によるディッピング等の方法により、素子本体3の外周面及び外部電極4の表面に、外装樹脂10を被覆し、この後、0.1~3kVの分極電圧を印加し、素子全体を分極処理することで、最終的な積層型圧電素子を得る。

【0034】なお、本発明の積層型圧電素子は、四角柱、六角柱、円柱等、どのような柱体であっても構わないが、切断の容易性から四角柱状が望ましい。また、上記例では、対向する側面に外部電極を形成した例について説明したが、本発明では、例えば隣接する側面に外部電極を形成しても良い。

【0035】以上のように構成された積層型圧電素子では、外装樹脂10のアルカリ金属及び/又はアルカリ土類金属の含有量が800ppm以下であるため、高温、高湿の環境下において、高電界、高周波数で駆動させた場合においても、遊離するアルカリ金属及び/又はアルカリ土類金属イオン量を減少させ、該イオンの負極の内部電極端部への集中を抑制でき、異なる極性の内部電極端部における絶縁距離の短縮を抑制して、ショートの発生を抑制でき、高耐久性を備えた積層型圧電素子を提供できる。

【0036】図2は、本発明の噴射装置を示すもので、図において符号31は収納容器を示している。この収納容器31の一端には噴射孔33が設けられ、また収納容器31内には、噴射孔33を開閉することができるニードルバルブ35が収容されている。

【0037】噴射孔33には燃料通路37が連通可能に設けられ、この燃料通路37は外部の燃料供給源に接続され、燃料通路37に常時一定の高圧で燃料が供給されている。従って、ニードルバルブ35が噴射孔33を開放すると、燃料通路37に供給されていた燃料が一定の高圧で内装機構の図示しない燃料室内に噴出されるように形成されている。

【0038】また、ニードルバルブ35の上端部は直径が大きくなっており、収納容器31に形成されたシリンダ39と摺動可能なピストン41となっている。そして、収納容器31内には、上記した圧電アクチュエータ43が収納されている。

【0039】このような噴射装置では、圧電アクチュエータ43が電圧を印加されて伸長すると、ピストン41が押圧され、ニードルバルブ35が噴射孔33を閉塞し、燃料の供給が停止される。また、電圧の印加が停止



(5)

特開2003-17768

7

8

されると圧電アクチュエータ43が収縮し、皿パネ45がピストン41を押し返し、噴射孔33が燃料通路37と連通して燃料の噴射が行われるようになっている。

【0040】

【実施例】 実施例1

チタン酸ジルコン酸鉛 $Pb(2r, Ti)O_3$ を主成分とする圧電セラミックスの仮焼粉末と、有機高分子からなるバインダーと、可塑剤とを混合したスラリーを作製し、スリップキャスト法により、厚み150 $\mu m$ のセラミックグリーンシートを作製した。

【0041】このグリーンシートの片面に内部電極2となる銀-パラジウムを主成分とする導電性ペーストをスクリーン印刷法により5 $\mu m$ の厚みに印刷し、導電性ペーストを乾燥させた後、導電性ペーストが塗布された複数枚のグリーンシートを100枚積層し、この積層体の積層方向の両端面に、導電性ペーストが塗布されていないグリーンシートを10枚積層した。

【0042】次に、この積層体を100℃で加熱を行いながら加圧を行い、積層体を一体し、10mm×10mmの大きさに切断した後、800℃で10時間の脱バインダーを行い、1130℃で2時間の本焼成を行ない、素子本体となる積層焼結体を得た。

【0043】この後、素子本体を砥石で研磨して、圧電\*

\* 体側面の表面粗さRaを0.05 $\mu m$ とした。

【0044】その後、該積層焼結体の対向する側面において、内部電極2端部を含む圧電体1の端部に該2側面において互い違いになるように、1層おきに深さ100 $\mu m$ 、積層方向の幅50 $\mu m$ の溝を形成した。内部電極2の他方の端面は、予め塗布しておいた熱硬化性導電性接着剤に厚み0.5mmの銀箔を密着させた状態で200℃に加熱し、硬化させることにより、外部電極4を形成し、素子本体3を作製した。

10 【0045】この後、正極用外部電極、負極用外部電極にリード線13を接続し、素子の外周面に真空脱泡によるデIPPING法により、アルカリ金属及びアルカリ土類金属の合金が、表1に示すような含有量のシリコーン樹脂を被覆し、1kVの分極電圧を印加し、素子全体を分極処理して、図1に示すような本発明の積層型圧電素子を得た。

【0046】得られた積層型圧電素子の耐久性を比較するために、雰囲気温度90℃、湿度90%で、200Vの直流電界を1000時間印加する耐久試験を行い、ショート発生までの時間を計測した。この結果を表1に示す。

【0047】

【表1】

試料 No.	アルカリ金属及びアルカリ土類金属 含有量 (ppm)	ショート発生時間
1	120	1000時間にて破壊無し
2	200	1000時間にて破壊無し
3	800	1000時間にて破壊無し
*4	1000	600時間でショート

\*は本発明範囲外の試料を示す

【0048】この表1から、外装樹脂のアルカリ金属及びアルカリ土類金属の含有合金が本発明の範囲外の試料No. 4では短時間でショートが発生した。この試料No. 4の積層型圧電素子の負極の内部電極端を走査型電子顕微鏡にて観察したところ、アルカリ金属及びアルカリ土類金属が集中していることを確認した。一方、本発明の範囲内の試料No. 1~3では1000時間までショートが発生することは無かった。

【0049】 実施例2

40

また、外装樹脂の耐久評価試験を行うために、外装樹脂を1mmの厚さで硬化させ、両面に電極を形成し、これらの電極間に20kVの電圧を1500時間印加し、絶縁抵抗が初期より10%の値に低下するまでの時間を測定した。アルカリ金属及びアルカリ土類金属の含有合金による、絶縁抵抗10%低下時間を表2に示す。

【0050】

【表2】



(5)

特開2003-17768

9

10

試料 No.	アルカリ金属及びアルカリ土類金属 含有含量 (ppm)	絶縁抵抗10%低下時間
5	120	1500時間にて低下せず
6	200	1500時間にて低下せず
7	400	1000時間
8	600	850時間
9	800	800時間
*10	1000	300時間

\*は本発明範囲外の試料を示す

【0051】この表2から、外装樹脂のアルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属の含有含量が本発明の範囲外の試料No. 10に比べ、本発明の範囲内の試料No. 5～9では絶縁抵抗10%低下時間が2倍以上も向上している。この試料No. 10の負極の電極端を走査型電子顕微鏡にて観察したところ、アルカリ金属及びアルカリ土類金属が集中していた。この表2より外装樹脂のアルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属の含有含量は400ppm以下が望ましく、さらには200ppm以下が望ましいことが判る。

## 【0052】実施例3

次に、外装樹脂のアルカリ金属及びアルカリ土類金属の含有含量を800ppmとし、圧電体側面の表面粗さRaを、素子本体の側面を研磨する砥石の粒度を変化させ、表3に示す値に変更する以外は、上記実施例1と同様にして積層型圧電アクチュエータを作製した。

【0053】得られた積層型圧電アクチュエータの耐久性を比較するために、雰囲気温度90℃、湿度90%で、200Vの直流電界を1500時間印加する耐久試験を行った。この結果を表3に示す。

## 【0054】

## 【表3】

試料 No.	表面粗さRa (μm)	1500時間耐久試験後
11	0.01	異常なし
12	0.1	異常なし
13	1	異常なし

【0055】この表3から、表面粗さRaを0.01～1μmとした場合には、耐久試験後も1×10<sup>9</sup>Ω以上の高い絶縁抵抗が得られ、クラックの発生もなく、外見も異常なかったが、圧電体側面の表面粗さRaが0.01μmの場合には0.1μmの場合よりも絶縁抵抗が少々低下し、絶縁抵抗の低下傾向が見られた。

## 【0056】実施例4

アルカリ金属及びアルカリ土類金属の含有含量が800ppmのシリコン樹脂からなる外装樹脂を用い、このシリコン樹脂100重量部に対して、表1に示す量だけ無機イオン交換樹脂を添加する以外は、上記実施例2

と同様にして外装樹脂の耐久評価試験を行った。その結果を表4に記載した。

## 【0057】

## 【表4】

試料 No.	イオン交換樹脂 重量部	絶縁抵抗10%低下時間
14	0	800時間
15	1	1000時間
16	10	1500時間
17	30	1500時間

【0058】この表4から、無機イオン交換樹脂を添加することにより、絶縁抵抗10%低下時間を延長できることが判る。

## 【0059】

【発明の効果】以上詳述した通り、本発明の積層型圧電素子では、素子本体の外周面に、アルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属を含量で800ppm以下の外装樹脂を被覆したため、高温、高湿の環境下において、高電界、高周波数で駆動させた場合においても、遊離するアルカリ金属及び／又はアルカリ土類金属イオン量を減少させることができ、該イオンの負極の内部電極端への集束を抑制でき、負極と正極の内部電極端の絶縁距離の短縮を抑制でき、ショートを抑制し、高耐久性を備えた積層型圧電素子を提供できる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の積層型圧電素子を示すもので、(a)は斜視図、(b)は(a)のA-A線に沿った縦断面図である。

【図2】本発明の噴射装置を示す説明図である。

## 【符号の説明】

- 1・・・圧電体
- 2・・・内部電極
- 3・・・素子本体
- 10・・・外装樹脂
- 31・・・収納容器
- 33・・・噴射孔
- 35・・・バルブ
- 43・・・圧電アクチュエータ

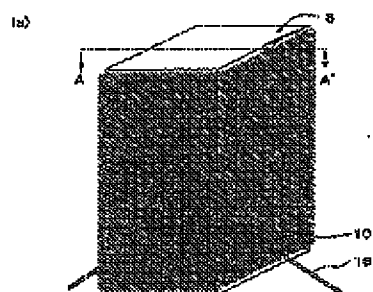




(7)

特開2003-17768

【図1】



【図2】

